Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 106 del 7 maggio 1988 - Serie generale

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo I (70%)

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Sabato, 7 maggio 1988** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO LIBRERIA DELLO STATO PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 85081

N. 39

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DECRETO MINISTERIALE 3 dicembre 1987.

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

SOMMARIO

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DECRETI E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

DECRETO 3 dicembre 1987.

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

IL MINISTRO DEI LAVORI PUBBLICI

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante norme per la disciplina della progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;

Visto il testo delle norme tecniche predisposto dal Servizio tecnico centrale;

Sentito il Consiglio nazionale delle ricerche;

Sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che si è espresso con il parere emesso dall'assemblea generale in data 18 aprile 1986 con il voto n. 305;

Espletata la procedura di cui alla legge 21 giugno 1986, n. 317, emanata in ottemperanza della direttiva C.E.E. n. 83/189;

Decreta:

Art. 1.

Sono approvate le norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate, di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, predisposte dal Servizio tecnico centrale ed allegate al presente decreto.

Art. 2.

Le anzidette norme entrano in vigore sei mesi dopo la pubblicazione del presente decreto nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, addì 3 dicembre 1987

Il Ministro dei lavori pubblici
DE ROSE

Il Ministro dell'interno
FANFANI

---

1. INTRODUZIONE.

1.1. *Oggetto.*

Formano oggetto delle presenti norme le strutture prefabbricate in conglomerato cementizio, semplice od armato normale o precompresso, destinate alla realizzazione di edifici civili e industriali.

Con «struttura prefabbricata» si intende una struttura realizzata mediante l'associazione, e/o il completamento in opera, di più elementi costruiti in stabilimento o a piè d'opera.

Elementi prefabbricati secondari, con funzione portante, non essenziali alla stabilità generale della costruzione, realizzati anche con materiali diversi dal calcestruzzo cementizio, e non soggetti a normative specifiche, debbono possedere adeguata sicurezza, comunque non inferiore a quella di cui alla presente normativa.

1.2. *Scopo.*

Le presenti norme hanno lo scopo di indicare criteri e metodi di calcolo per le verifiche di sicurezza, procedure di prova, regole costruttive per la corretta redazione dei progetti e per la buona esecuzione e conservazione nel tempo delle strutture.

Nella concezione e nella progettazione delle strutture possono essere utilizzati materiali, tecniche, particolari costruttivi e metodi di calcolo diversi da quelli previsti nelle presenti norme, in tali casi il progettista dovrà provare, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, che le strutture progettate abbiano una sicurezza, una funzionalità e una durabilità non inferiori a quelle corrispondenti ai procedimenti qui indicati.

1.3. *Documenti normativi di base.*

Le presenti norme forniscono integrazioni integrative e complementari specifiche alle norme vigenti ed in particolare:

decreto ministeriale, criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi emanate in base all'art. 1 della legge n. 64;

norme tecniche emanate con decreto ministeriale in base all'art. 21 della legge 5 novembre 1971, n. 1086;

norme geotecniche emanate con decreto ministeriale in base all'art. 1 della legge 2 febbraio 1974, n. 64.

Inoltre deve essere assicurato il rispetto, in zona sismica, del:

titolo II della legge 2 febbraio 1974, n. 64;

norme tecniche emanate con decreto ministeriale in base all'art. 3 della suddetta legge.

Le presenti norme sostituiscono le prescrizioni della circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 6090 dell'11 agosto 1969.

Sono fatte salve le disposizioni specifiche di sicurezza antincendi di competenza del Ministero dell'interno.

1.4. *Manufatti prodotti in serie.*

Per manufatti prodotti in serie devono intendersi quelli il cui impiego singolo o insieme ad altri componenti è ripetitivo.

Sono previste due categorie di produzione:

in serie «dichiarata»;

in serie «controllata».

1.4.1. *Serie dichiarata.*

Per serie «dichiarata» si intende la produzione in serie eseguita in stabilimento, dichiarata tale dal produttore, conforme alle presenti norme e per la quale è stato effettuato il deposito ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, ovvero sia stata rilasciata la certificazione di idoneità di cui agli articoli 1 e 7 della legge 2 febbraio 1974, n. 64.

Per tipologie di prodotti non rientranti nel campo di applicazione della legge 5 novembre 1971, n. 1086, e/o per i quali non ricorre l'applicazione dei citati articoli 1 e 7 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, il produttore dovrà parimenti provvedere al deposito degli elaborati tecnici afferenti la produzione presso il Ministero dei lavori pubblici - Servizio tecnico centrale.

1.4.2. *Serie controllata.*

Per serie «controllata» si intende la produzione in serie che, oltre ad avere i requisiti specificati per quella «dichiarata», sia eseguita con procedure che prevedono verifiche sperimentali su prototipo e controllo della produzione come specificato al punto 5.2.2.

Il Ministero dei lavori pubblici - Servizio tecnico centrale, emanerà le disposizioni cui dovranno attenersi i produttori sia per l'esecuzione delle prove di cui al punto 3.3., sia per il deposito e le altre prescrizioni di cui al punto 5.2.2.

1.5. *Manufatti di produzione occasionale.*

Per manufatti di produzione occasionale, fermo restando l'obbligo del rispetto delle presenti norme, non si applicano le regole specifiche delle produzioni di serie.

1.6. *Coordinamento progettuale tra produzione e montaggio.*

Il progettista o i progettisti dell'opera strutturale devono prevedere e verificare le diverse fasi di realizzazione della struttura e dei suoi componenti e in particolare devono fornire le indicazioni e prescrizioni utili e necessarie per la produzione ed il montaggio.

Per quanto attiene a responsabilità e compiti vale quanto già indicato nella legge 5 novembre 1971, n. 1086. Tutto ciò con particolare riguardo al ruolo di direzione lavori assunto dal responsabile di produzione in stabilimento per prefabbricati di serie.

2. CRITERI GENERALI DI PROGETTO.

2.1. *Principi di sicurezza.*

Scopo delle verifiche delle strutture è di garantire che l'opera sia in grado di resistere con adeguata sicurezza alle azioni cui potrà essere sottoposta, rispettando le condizioni necessarie per il suo esercizio e assicurando la sua conservazione nel tempo.

Le verifiche si applicano sia alla struttura presa nel suo insieme che a ciascuno dei suoi elementi costitutivi; esse debbono essere soddisfatte sia durante l'esercizio sia nelle diverse fasi di produzione, stoccaggio, trasporto, montaggio e assemblaggio.

L'analisi strutturale deve tener conto:

del comportamento del singolo elemento strutturale prefabbricato, nelle varie fasi;

del comportamento, nelle sue fasi, del complesso strutturale, tenendo conto dell'effettivo funzionamento delle unioni e dei giunti;

delle incertezze che possono influire sulla posizione e sul valore delle reazioni mutue degli elementi; incertezze che possono provenire da: errori nella geometria dei singoli elementi; errori di posa degli elementi prefabbricati; indeterminazione circa il punto di applicazione di alcune reazioni di vincolo; intervento di deformazioni di varia natura (per variazioni termiche, cedimenti, ritiro, viscosità, eventuali deformazioni differenziali tra calcestruzzi diversi per maturazione o per qualità ed in generale fra materiali diversi, ecc.).

2.2. *Verifiche di sicurezza.*

Dovranno essere seguite le prescrizioni delle norme tecniche di cui al punto 1.3., tenendo conto delle seguenti integrazioni e/o modifiche:

con il metodo di calcolo agli stati limite si assumerà per la verifica allo stato limite ultimo:

per serie dichiarata $\gamma_c = 1,6$;
per serie controllata $\gamma_c = 1,52$;

con il metodo delle tensioni ammissibili si assumerà:

per serie dichiarata: le tensioni ammissibili nel calcestruzzo previste dalle norme tecniche in vigore;
per serie controllata: le tensioni ammissibili nel calcestruzzo previste dalle norme tecniche in vigore maggiorate del 5%; nella verifica a rottura per tensioni normali la tensione convenzionale limite del calcestruzzo maggiorata del 5%.

2.2.1. *Verifiche nelle fasi transitorie.*

Nelle fasi transitorie si osserveranno le seguenti norme specifiche:

nelle fasi di sollevamento e trasporto si terrà conto degli effetti dinamici che vanno di norma valutati amplificando e riducendo i pesi degli elementi tramite i coefficienti $1 \pm \alpha$; essendo α dipendente dalle caratteristiche della attrezzatura di sollevamento e del manufatto; α dovrà in ogni caso essere non inferiore a 0,15;

nella fase di montaggio, tutti gli elementi strutturali principali e secondari di solai, coperture e orizzontamenti in genere, devono essere verificati in ogni parte dell'estradosso accessibile all'operatore addetto al montaggio anche per un carico verticale di 200 kg su di un'impronta quadrata di 20 cm di lato nella posizione più sfavorevole; la stabilità degli elementi destinati a sorreggere l'operatore in caso di caduta deve essere inoltre assicurata per una forza verticale di 200 kg applicata nella posizione più sfavorevole del bordo libero dell'elemento e trasmessa all'elemento stesso attraverso i previsti dispositivi di sicurezza.

2.3. *Elementi.*

2.3.0. *Generalità.*

Per condizioni di verifica relative a manufatti con stagionatura inferiore ai ventotto giorni, la resistenza caratteristica del calcestruzzo da mettere in conto è quella corrispondente all'epoca alla quale si riferisce la singola verifica. Tale resistenza è da determinare in via sperimentale.

I dispositivi di sollevamento debbono essere esplicitamente previsti in progetto, realizzati con materiali appropriati e dimensionati per le sollecitazioni prevedibili.

Le parti degli elementi prefabbricati destinate ad integrarsi col complesso strutturale debbono essere adeguatamente preparate secondo le indicazioni che saranno fornite nel seguito.

I ricoprimenti delle armature di pretensione devono essere tali da consentire una corretta trasmissione degli sforzi nelle zone di ancoraggio.

2.3.1. *Posa e regolazione degli elementi prefabbricati.*

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati si devono adottare gli accorgimenti necessari per ridurre le sollecitazioni di natura dinamica conseguenti al movimento degli elementi e per evitare forti concentrazioni di sforzo.

I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto delle tolleranze previste nel progetto, tenendo conto sia di quelle di produzione degli elementi prefabbricati, sia di quelle di esecuzione della unione.

Gli eventuali vincoli impiegati durante la posa se lasciati definitivamente in sito non devono alterare il corretto funzionamento dell'unione realizzata e comunque non generare concentrazioni di sforzo.

2.4. *Unioni e giunti.*

Per «unioni» si intendono collegamenti tra parti strutturali atti alla trasmissione di sollecitazioni.

Per «giunti» si intendono spazi tra parti strutturali atti a consentire ad essi spostamenti mutui senza trasmissione di sollecitazioni.

Le unioni devono essere progettate in maniera tale da garantire la trasmissione degli sforzi previsti. In generale si richiede che la trasmissione degli sforzi sia tempestivamente attivata, senza cioè che avvengano assestamenti preventivi non espressamente previsti in progetto.

La capacità portante delle unioni deve essere verificata secondo le prescrizioni fornite nel seguito; ove non sia possibile definire un soddisfacente modello di calcolo si ricorrerà a sperimentazione diretta.

I materiali impiegati con funzione strutturale nelle unioni, devono avere, di regola, una durabilità, resistenza al fuoco e protezione, almeno uguale a quella degli elementi da collegare. Ove queste condizioni non fossero rispettate i limiti dell'intera struttura vanno definiti con riguardo all'elemento significativo più debole.

I giunti aventi superfici affacciate, devono garantire un adeguato distanziamento delle superfici medesime per consentire i movimenti prevedibili.

Il direttore dei lavori dovrà verificare che eventuali opere di finitura non pregiudichino il libero funzionamento del giunto.

Il progettista deve opportunamente tener conto delle azioni locali che possono verificarsi nella realizzazione fisica dei giunti, ivi comprese quelle derivanti da stati di coazione.

2.4.1. *Appoggi.*

Gli appoggi vanno calcolati tenendo conto delle condizioni peggiori, determinate dalla combinazione delle tolleranze di produzione e di montaggio. Gli appoggi devono essere tali da soddisfare le condizioni di resistenza dell'elemento appoggiato, dell'eventuale apparecchio di appoggio e del sostegno, tenendo conto delle variazioni termiche, della deformabilità delle strutture e dei fenomeni lenti. Per elementi di solaio o simili deve essere garantita una profondità dell'appoggio, a posa avvenuta, non inferiore a 3 cm se è prevista in opera la formazione della continuità dell'unione, e non inferiore a 5 cm se definitivo. Per appoggi discontinui (nervature, denti) i valori precedenti vanno raddoppiati.

Per le travi, la profondità minima dell'appoggio definitivo deve essere non inferiore a 8 cm + $l/300$, con l la luce netta della trave.

Tutti i valori di cui sopra sono da considerarsi al netto di tolleranze e deformazioni strutturali.

In zona sismica non sono consentiti appoggi nei quali la trasmissione di forze orizzontali sia affidata al solo attrito. Appoggi di questo tipo sono consentiti ove non venga messa in conto la capacità di trasmettere azioni orizzontali; l'appoggio deve consentire spostamenti relativi secondo quanto previsto dalle norme sismiche.

2.4.2. *Realizzazione di vincoli provvisori.*

Per la corretta esecuzione delle unioni ed il prosieguo dei lavori, è indispensabile che gli elementi prefabbricati, una volta posati e regolati, restino in tale posizione, senza subire alcuno spostamento.

Per questo scopo si possono usare dispositivi provvisori di vincolo, i quali hanno il compito di assorbire le azioni, anche di natura aleatoria, che si destano in questa fase.

Il progetto e l'impiego di tali dispositivi provvisori richiedono particolare cura per la natura delle azioni a cui questi possono essere soggetti, tenendo presente la loro temporaneità.

2.4.3. *Realizzazione delle unioni.*

La realizzazione delle unioni deve rispettare il progetto che deve quindi precisare anche le relative modalità di esecuzione.

Per le costruzioni in zona sismica le unioni tra elementi devono essere in grado di assicurare all'insieme strutturale una adeguata duttilità di comportamento.

2.5. *Fondazioni.*

La scelta e il dimensionamento delle fondazioni, oltre a garantire una adeguata sicurezza al sistema fondazioni-terreno, deve tendere a contenere i cedimenti relativi a livelli compatibili con il sistema strutturale scelto.

2.6. *Insieme strutturale.*

I singoli manufatti prefabbricati, collegati fra loro e con le altre parti strutturali mediante unioni, realizzano insiemi strutturali di vario tipo. Lo schema statico di un determinato insieme strutturale può variare nel tempo per variazioni apportate ai vincoli. Pertanto, possono manifestarsi diversi funzionamenti temporanei, distinti dal funzionamento definitivo che si realizza allorchè sono state eseguite tutte le operazioni di montaggio e di completamento.

Il progettista deve verificare che il grado di sicurezza sia adeguato per l'insieme strutturale in ogni fase e, in particolare, deve studiare e prescrivere i necessari accorgimenti per eliminare la possibilità di collassi durante e dopo il montaggio.

2.7. *Stabilità locale e di insieme.*

I singoli elementi dovranno essere verificati nei confronti dei fenomeni di instabilità che possono innescarsi sia nelle fasi transitorie che nella fase finale, tenendo presente l'influenza delle deformazioni differite.

Per quanto concerne la stabilità dell'insieme sono necessarie le relative verifiche per tutte le fasi, transitorie e definitive, mettendo in conto, ove occorra, gli effetti del secondo ordine. In via semplificativa e salvo l'esigenza di analisi più dettagliate per condizioni specifiche, la struttura deve essere verificata sotto l'azione di forze orizzontali convenzionali di calcolo comunque dirette, pari almeno all'1,5% dei carichi verticali concomitanti (permanenti e sovraccarichi) combinati nel modo più sfavorevole, durante le fasi transitorie; e almeno al 2,0% degli stessi in fase finale. Tali forze orizzontali convenzionali, da considerarsi agenti nei punti di applicazione dei corrispondenti carichi verticali, non saranno cumulate con altre eventuali azioni orizzontali esterne (vento, sisma, ecc.).

2.7.1. *Controventi.*

Le azioni orizzontali possono essere assegnate alle strutture di controvento purchè queste siano direttamente ed efficacemente collegate ad orizzontamenti con funzione di diaframmi di ripartizione.

2.8. *Prevenzione del collasso a catena.*

Nella definizione dello schema strutturale e nello studio dei particolari costruttivi, il progettista dovrà porre particolare attenzione al fine di contenere la propagazione di un dissesto locale (collasso a catena).

2.9. *Durabilità strutturale.*

Dovrà essere garantita una congrua durabilità strutturale intesa come permanenza nel tempo delle caratteristiche progettuali, nei confronti della sicurezza ed in relazione alla funzione da espletare.

2.10. *Tolleranze.*

Le dimensioni geometriche dei manufatti e le coordinate spaziali del loro posizionamento relativo possono discostarsi dai valori nominali di quantità che rappresentano le variazioni dimensionali accettabili della struttura, quantità che vengono dette tolleranze.

Esse, per i manufatti aventi funzione statica, devono essere definite nel progetto allo scopo di non compromettere la sicurezza della struttura nelle sue varie fasi di vita.

Si individuano due gruppi di tolleranze:

la tolleranza di produzione;

la tolleranza di montaggio.

Le dimensioni degli elementi sono da verificarsi con riferimento ad una temperatura di 15° C.

I limiti di tolleranza devono sempre essere chiaramente indicati dal progettista in funzione del tipo di struttura e delle caratteristiche tecniche di fabbricazione; di tali valori si dovrà tener conto nelle verifiche di sicurezza.

Si adotteranno di regola le tolleranze qui di seguito indicate.

È ammesso che il progettista adotti valori delle tolleranze diversi da quelli qui indicati purchè siano chiaramente riportati sui disegni, e purchè l'intero progetto sia conforme ai valori previsti.

2.10.1. *Strutture ad elementi monodimensionali.*

Tolleranze di produzione:

a) lunghezza: $\pm \frac{1}{800}$ della dimensione nominale per $l \geqslant 20$ m;

$\pm$ 25 mm per $l < 20$ m;

b) dimensioni della sezione: $\pm$ 10 mm;

c) posizione armatura e cavi: secondo indicazioni del progettista.

Tolleranze di montaggio:

debbono rispettare le indicazioni di progetto.

2.10.2. *Solai, pannelli di tamponamento e grandi pannelli.*

Tolleranze di produzione:

a) la variazione delle dimensioni lineari ortogonali rispetto ai valori nominali non può essere superiore a ± 20 mm;

b) spessore ± 10 mm;

c) per i pannelli disposti nel piano verticale, controllo difetto di planarità: la freccia misurata al centro della corda considerata nella situazione più svantaggiosa deve risultare $\leqslant \frac{1}{500}$ della dimensione della corda stessa, con un minimo di 10 mm e un max di 20 mm.

Tolleranze di montaggio:

debbono rispettare le indicazioni di progetto.

2.11. *Regole particolari di progettazione.*

2.11.1. *Strutture con elementi monodimensionali.*

2.11.1.1. *Edifici multipiano.*

Per gli edifici multipiano qualora non sia comprovata la capacità dei nodi di assicurare il funzionamento a telaio, la stabilità della struttura deve essere ottenuta affidando integralmente le azioni orizzontali ad opportune strutture atte a funzionare come controvento.

2.11.1.2. *Travi.*

a) Forcelle.

Le forcelle che vincolano le travi dovranno essere verificate anche per un momento aggiuntivo di esercizio pari a:

$$M = V \cdot l/300$$

con V = reazione della trave;
l = luce trave.

b) Spessore minimo.

Lo spessore minimo di qualsiasi porzione facente parte della sezione trasversale deve essere non inferiore a 5 cm; e comunque non inferiore a 5 volte il diametro dell'armatura di precompressione ivi presente. Quando siano presenti cavi post-tesi, lo spessore deve essere superiore di almeno 5 cm al diametro della guaina.

Anime e nervature dovranno essere armate su entrambe le facce.

c) Dispositivi di appoggio.

I dispositivi di appoggio vanno disposti in posizioni tali da consentirne l'ispezione.

2.11.1.3. *Solai.*

Tutti gli elementi prefabbricati in c.a. e c.a.p. destinati alla formazione di solai privi di armatura resistente al taglio o con spessori, anche locali, inferiori ai 4 cm, devono essere prodotti in serie controllata secondo quanto indicato al punto 5. Tale prescrizione è obbligatoria anche per tutti gli elementi realizzati con calcestruzzo di inerte leggero o calcestruzzo speciale.

Per gli orizzontamenti in zona sismica, gli elementi prefabbricati devono avere almeno un vincolo che sia in grado di trasmettere le forze orizzontali a prescindere dalle resistenze di attrito. Non sono comunque ammessi vincoli a comportamento fragile.

Quando si assuma l'ipotesi di comportamento a diaframma dell'intero orizzontamento, gli elementi dovranno essere adeguatamente collegati tra di loro e con le travi o i cordoli di testata e laterali.

2.11.2. *Strutture ad elementi bidimensionali.*

a) Organismo spaziale.

Le indicazioni che seguono possono applicarsi anche ad elementi prefabbricati tridimensionali composti da pannelli.

Gli orizzontamenti, qualunque sia la loro tipologia, dovranno essere tali da garantire un funzionamento a diaframma.

Le strutture devono essere controventate da sistemi di pareti verticali in due direzioni principali.

Non si deve fare assegnamento sul funzionamento a telaio delle strutture (o parti di esse) per azioni flettenti perpendicolari al piano dei pannelli verticali.

b) Incatenamenti.

Nello spessore di ogni solaio si devono prevedere, nelle due direzioni, armature metalliche meccanicamente continue colleganti muri e facciate opposte ed interessanti tutti i pannelli verticali.

Analogamente in tutti i pannelli portanti devono essere realizzati incatenamenti verticali meccanicamente continui che costituiscono nodo con i precedenti. In corrispondenza delle facciate, anche non portanti, deve essere realizzato un incatenamento perimetrale al quale devono essere collegati tutti gli incatenamenti interni.

Il collegamento tra solai contigui deve essere realizzato con un cordolo di larghezza minima di cm 5, e media di cm 8.

La sezione totale delle armature di incatenamento destinate a vincolare al solaio adiacente i muri perimetrali ed interni dovrà poter assorbire uno sforzo di trazione pari all'1% degli sforzi assiali, con un minimo di 5 *KN* per metro di parete in entrambe le direzioni, con tensione nell'acciaio non superiore a 150 N/mm^2.

L'armatura perimetrale di solaio dovrà avere sezione almeno pari a 300 mm^2.

Gli incatenamenti verticali dovranno essere realizzati con armatura metallica ed essere dimensionati rispetto ad una azione assiale, da intendersi come caratteristico, di almeno 10 *KN* per metro di parete con tensione non superiore a 150 N/mm^2.

c) Stabilità in presenza di eventi eccezionali.

Per la stabilità d'assieme in presenza di eventi eccezionali la struttura deve essere organizzata in modo tale che la eventuale distruzione di un elemento verticale portante delle dimensioni di un vano, o di due di tali elementi in posizione di angolo, non comporti un collasso a catena, e sia tale da garantire pertanto la ridistribuzione dei carichi tra gli elementi residui sia pure a prezzo di dissesti locali.

Se i muri (e i loro vincoli) sono in grado di resistere ad una sovrapressione uniforme di 10 KN/m^2, considerata azione eccezionale, con la sicurezza prescritta, si considera che possa essere asportata una striscia di parete, misurata dallo spigolo pari a 3,60 m per i muri laterali ed 1,80 m per i muri interni. Se al di là della striscia esiste un bordo libero a distanza $a \leq 1{,}20$ m dal bordo della striscia la larghezza viene aumentata di a.

d) Pareti.

Le aperture e i fori di qualche importanza praticati nelle pareti vanno contornati con armature ben ancorate, di sezione di almeno 150 mm^2.

I pannelli costituenti pareti esterne non protetti adeguatamente devono comportare delle armature di superficie, disposte il più vicino possibile alla superficie esterna, compatibilmente col copriferro, di diametro minimo $\varnothing$ 4 mm in ogni direzione e spaziatura massima delle barre 100 mm.

Per pannelli multistrato la lastra di facciata dovrà avere spessore utile minimo di 60 mm. La durabilità di questi pannelli nei riguardi del distacco di parti (per effetto termoigrometrico, ecc.) dovrà essere giustificata sperimentalmente e gli elementi di collegamento tra le lastre dovranno essere adeguatamente protetti nei confronti dell'azione aggressiva dell'atmosfera.

Per i pannelli realizzati con blocchi alleggeriti di qualsiasi natura dovranno essere determinati con prove sperimentali le caratteristiche meccaniche.

e) Prescrizioni per zone sismiche.

In zona sismica è prescritta, per tutti i pannelli verticali, una armatura minima di sezione superiore ai 200 mm^2 per metro in ogni direzione.

Le armature continue di flessione delle mensole verticali dovranno essere comunque non inferiore a 200 mm^2 per parte.

Per i solai di luce sotto i 4 m è prescritto un collegamento di armatura nel cordolo laterale e due collegamenti per luci sopra i 6 m; sugli appoggi deve realizzarsi una continuità di armatura con le campate contigue o formante nodo con quella del cordolo orizzontale di testata. I cordoli di incatenamento perimetrali dovranno essere armati con una sezione minima superiore a 400 mm^2 di acciaio *FeB 44K* (o equivalente).

2.11.2.1. *Verifiche.*

a) Pannelli verticali.

Per la eccentricità di calcolo del pannello a pressoflessione si deve considerare:

eccentricità non intenzionale dovuta al difetto di planarità del piano medio della parete

$$e = 0{,}002\ l$$

essendo l l'altezza dei pannelli;

eccentricità di posa

$$e \geq 15 \text{ mm}$$

eccentricità dovuta all'indeterminazione del piano meccanico medio:

pannello semplice $e \geqslant 0{,}015\ S$

pannello multistrato $e \geqslant 0{,}03\ S$

(essendo S lo spessore del pannello).

La verifica di resistenza e stabilità del pannello dovrà essere condotta secondo adeguati modelli di calcolo.

b) Unioni orizzontali.

Se l'unione comporta uno strato di malta, qualora esista sforzo di trazione ovvero se $V_d \geqslant 0{,}2\ N_d$, l'intero sforzo tangenziale deve essere equilibrato dalle barre di armatura di collegamento, essendo

V_d = sforzo di taglio di calcolo,

N_d = sforzo normale di calcolo.

3. Prove preliminari e controlli.

3.1. *Prove sui materiali.*

Per quanto attiene alle strutture oggetto delle presenti norme in generale vale per i materiali quanto indicato nelle vigenti «Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086.

Nel caso di strutture realizzate con inerti leggeri, il calcestruzzo con essi confezionato dovrà essere opportunamente sperimentato.

In particolare per le malte impiegate nelle unioni valgono le vigenti norme per il c.a.

Per i controlli sul conglomerato valgono le indicazioni del punto 5.2.1.

3.2. *Prove sugli elementi e sulle unioni.*

Per le finalità di cui al successivo capitolo 5. «Controlli e collaudi» si prevedono indagini sperimentali sui manufatti prefabbricati.

Per alcuni elementi tipici, le modalità principali di prova vengono descritte nel seguito delle presenti norme.

3.3. *Prove su prototipi.*

Le prove su prototipo sono finalizzate a fornire indicazioni per la scelta dello schema di comportamento delle strutture e degli elementi da adottare nei calcoli.

Tali prove, che per un loro utilizzo in sede di progettazione devono essere integrate da verifiche analitiche, devono essere effettuate con riguardo alle condizioni limite interessanti.

Le prove stesse possono inoltre servire ad integrare i risultati di calcoli fondati su schemi incerti o su dati di base difficilmente quantificabili.

4. Esecuzione.

4.1. *Produzione.*

4.1.1. *Compattazione.*

Le caratteristiche di addensamento (pervibrazione, vibrazione, centrifugazione, scuotimento o altro) devono essere tali da consentire l'adeguata compattazione del calcestruzzo senza arrivare a fenomeni di separazione degli inerti dalla pasta di cemento.

4.1.2. *Maturazione.*

Per la maturazione naturale si devono eseguire particolari controlli sulla resistenza dei manufatti che maturano in condizioni di temperatura, umidità, e ventilazioni estreme, e cioè spiccatamente «estive» o «invernali».

Per la stagionatura artificiale è necessario determinare per via sperimentale il ciclo di stagionatura più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo scelto, ed all'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura.

Il ciclo di stagionatura scelto deve poi essere controllato nelle temperature, nei tempi e nelle eventuali altre caratteristiche.

Particolari cautele nella definizione del ciclo termico dovranno usarsi nel caso in cui, a pressione ambiente, la temperatura superi i 70°C nel calcestruzzo a 4 cm dalle superfici o in cui la variazione superi i 20°C da punto a punto.

A tutti gli elementi di serie omogenei deve venire applicato un ciclo di maturazione e di disarmo tale da garantire l'ottenimento delle caratteristiche prefissate.

4.2. *Sformo e stoccaggio.*

4.2.0. *Generalità.*

Durante le operazioni di movimento del cassero non devono essere alterate le caratteristiche fisico-meccaniche dell'elemento prefabbricato.

L'operazione di sformatura può aver luogo solo quando il calcestruzzo presenta caratteristiche di resistenza sufficienti a fronteggiare le sollecitazioni di sformo senza fessurazioni o deformazioni pregiudizievoli.

4.2.1. *Dispositivi di ancoraggio ai mezzi di sollevamento incorporati nel manufatto.*

I dispositivi di ancoraggio, dimensionati dal progettista, devono essere chiaramente indicati negli elaborati tecnici, come pure le loro modalità di impiego in fase di sollevamento.

In ogni fase le componenti della forza di sollevamento devono soddisfare le verifiche di resistenza locali e globali.

Per quanto attiene al dimensionamento dei dettagli di sollevamento devono essere presi in conto a seconda delle varie fasi:

peso proprio del manufatto;

forze di aderenza dello stampo da valutarsi in base a determinazioni sperimentali;

vento;

effetti dinamici che dovranno essere valutati a seconda del tipo di sollevamento e del sistema di aggancio.

Per ciascun elemento, nel progetto, devono essere indicati: i settori limite entro cui devono essere contenute le risultanti delle forze di sollevamento; i punti di aggancio.

Nei casi in cui siano stati previsti più di due punti di sollevamento occorre inoltre fornire prescrizioni sui dispositivi ausiliari necessari al sollevamento (bilancini).

Le componenti di trazione devono essere affidate unicamente a dispositivi metallici.

Deve essere assicurata la corretta trasmissione degli sforzi tra i dispositivi metallici e il calcestruzzo tenendo in particolare conto l'età di stagionatura di questo.

I materiali relativi ai dispositivi di ancoraggio di cui sopra, se realizzati in carpenteria metallica, dovranno rispettare le prescrizioni vigenti per acciai saldabili o per profili a freddo.

Qualora si tratti di ganci ad occhiello in tondo da c.a. questi dovranno essere realizzati con acciai tipo *Feb 22K* o *Feb 32K*; peraltro con resilienza $KV_{0°C} \geq 3,5$ kgm/cm².

Per i ganci ad occhiello realizzati in tondo di c.a. si utilizzeranno i diametri non superiori a mm 24 limitando l'ancoraggio per sola aderenza sino a mm 20 con un diametro minimo di mm 8, in ogni caso non sensibilmente arrugginito. I ganci ad occhiello saranno dotati di uncini terminali di forma regolamentare. La sagomatura verrà eseguita su mandrini di diametri pari ad almeno cinque volte il diametro del tondo stesso. Soluzioni diverse da quelle indicate devono essere soggette ad adeguati controlli sperimentali.

4.2.2. *Stoccaggio.*

La permanenza in stoccaggio, se necessaria, dovrà avere durata tale da rendere il manufatto idoneo al trasporto.

I manufatti dovranno essere contrassegnati in modo visibile e duraturo, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento con la sigla di progetto, la data di fabbricazione ed il peso, quest'ultimo se al di sopra di 800 kg.

4.2.3. *Rifinitura.*

Guasti o difetti, che incidano sulla resistenza o sulla durabilità del manufatto, non possono essere soggetti ad interventi di semplice ripasso.

Per elementi precompressi a fili aderenti o scorrevoli, le testate destinate a rimanere permanentemente esposte devono essere adeguatamente protette dalle azioni aggressive.

4.3. *Trasporto.*

L'elemento deve posare sul mezzo di trasporto secondo gli schemi statici previsti, tenendo conto delle variazioni geometriche che il mezzo può subire durante la marcia.

Devono essere prese in considerazione le forze dovute oltre che al peso proprio, anche alle azioni dinamiche.

Queste forze non devono determinare nell'elemento sollecitazioni incompatibili con le sue caratteristiche di resistenza, tenuti presenti gli eventuali vincoli ausiliari predisposti sul mezzo di trasporto.

Non può essere effettuato il trasporto finchè la stagionatura dell'elemento non assicuri il raggiungimento delle caratteristiche di resistenza richieste in relazione alla modalità del trasporto stesso.

4.4. *Montaggio.*

4.4.0. *Mezzi di sollevamento.*

Nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche i mezzi di sollevamento dovranno essere proporzionati per la massima prestazione prevista nel programma di montaggio; inoltre nella fase di messa in opera dell'elemento prefabbricato fino al contatto con gli appoggi, devono avere velocità di posa commisurata con le caratteristiche del piano di appoggio e con quella dell'elemento stesso. La velocità di discesa deve essere tale da poter considerare non influenti le forze dinamiche di urto.

4.4.1. *Posizionamento.*

Gli elementi vanno posizionati come e dove indicato in progetto.

In presenza di getti integrativi eseguiti in opera, che concorrono alla stabilità della struttura anche nelle fasi intermedie, il programma di montaggio sarà condizionato dai tempi di maturazione richiesti per questi, secondo le prescrizioni di progetto.

4.4.2. *Stabilità durante il montaggio.*

L'elemento può essere svincolato dall'apparecchiatura di posa solo dopo che è stata assicurata la sua stabilità.

L'elemento deve essere stabile di fronte all'azione del:

peso proprio;

vento;

azioni di successive operazioni di montaggio;

azioni orizzontali convenzionali, come prescritto in 2.7., a simulazione di eventi eccezionali.

L'attrezzatura impiegata per garantire la stabilità nella fase transitoria che precede il definitivo completamento dell'opera deve essere munita di apparecchiature, ove necessarie, per consentire, in condizioni di sicurezza, le operazioni di registrazione dell'elemento (piccoli spostamenti delle tre coordinate, piccole rotazioni, ecc.) e, dopo il fissaggio definitivo degli elementi, le operazioni di recupero dell'attrezzatura stessa, senza provocare danni agli elementi stessi.

Deve essere previsto nel progetto un ordine di montaggio tale da evitare che si determinino strutture temporaneamente labili o instabili nel loro insieme.

4.4.3. *Verifiche delle tolleranze dimensionali e della corrispondenza dei manufatti al progetto.*

La direzione lavori è tenuta a verificare la corrispondenza dei manufatti al progetto sotto tutti gli aspetti rilevabili al montaggio (forme, dimensioni, e relative tolleranze), escludendo l'impiego di manufatti non rispondenti, e la corrispondenza della marcatura indicata nel paragrafo 4.2.2.

5. CONTROLLI E COLLAUDI.

5.1. *Verifica tecnica preventiva per elementi di serie controllata.*

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi a cura di laboratorio ufficiale o autorizzato con le modalità indicate al punto 3.3.

5.2. *Controllo di produzione e di accettazione.*

5.2.1. *Controllo sui materiali.*

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il tecnico abilitato che assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori dovrà effettuare il controllo continuo del conglomerato secondo le prescrizioni di cui all'allegato 2 delle norme tecniche di cui all'art. 21 della legge n. 1086/71 operando con attrezzature tarate da laboratorio ufficiale o autorizzato. Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore. Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Ministero dei lavori pubblici - Servizio tecnico centrale, per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a ventotto giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità delle norme vigenti, determinando la resistenza caratteristica secondo il metodo di controllo di tipo *B* dell'allegato 2 delle norme tecniche di cui all'art. 21 della legge n. 1086/71, ed immediatamente registrate.

Inoltre dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a ventotto giorni di stagionatura da parte di laboratorio ufficiale o autorizzato per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo; tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo *A* dell'allegato 2 sopra citato, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà cura del tecnico abilitato, che assume la responsabilità del direttore dei lavori, di annotare sullo stesso registro i risultati delle prove di stabilimento e quelle del laboratorio ufficiale o autorizzato.

Ogni fornitura dovrà essere accompagnata da un documento attestante i risultati delle prove a compressione su cubi di calcestruzzo ottenute in stabilimento, e dovrà successivamente essere integrata con la documentazione dei risultati delle prove del laboratorio ufficiale o autorizzato.

5.2.2. *Controllo di produzione e accettazione di serie «controllata».*

5.2.2.1. *Controllo di produzione.*

Dopo un periodo minimo continuo di due anni di produzione in serie dichiarata (anche antecedenti alla emanazione del presente decreto ministeriale) da comprovare adeguatamente, e con un volume minimo di produzione realizzata di 1.000 m^3 di calcestruzzo omogeneo o n. 1.000 singoli manufatti, è facoltà del produttore di richiedere il riconoscimento della produzione in serie «controllata». Il Ministero dei lavori pubblici - Servizio tecnico centrale, esaminata la documentazione presentata sulla base di quanto più avanti indicato, sentito il Consiglio superiore, potrà accogliere la richiesta anche sulla scorta di eventuali sopralluoghi, indicando eventuali prescrizioni integrative.

Il Ministero dei lavori pubblici - Servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore, può concedere deroga al periodo di due anni e al volume di calcestruzzo e n. di manufatti sopra previsti, con il limite di riduzione del 50% di tali valori, dietro presentazione di documentata istanza da parte di Aziende che già producono altri manufatti in serie controllata.

Ogni tre anni il produttore dovrà depositare al Ministero dei lavori pubblici la documentazione dei controlli e delle rilevazioni eseguite nel corso del triennio.

Il Ministero dei lavori pubblici potra revocare in qualunque momento l'autorizzazione, se verranno accertate difformità da quanto depositato e prescritto.

Per le nuove produzioni per le quali è prescritta la serie controllata è richiesto il rilascio preventivo del riconoscimento temporaneo della produzione in serie controllata da parte del Servizio tecnico centrale del Ministero dei lavori pubblici, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Al termine del primo biennio di produzione si instaurerà la procedura ordinaria di cui sopra.

Sono obbligatori i controlli delle caratteristiche meccaniche e geometriche degli elementi strutturali per verificare la rispondenza ai dati depositati.

Le prove inerenti ai controlli delle prestazioni strutturali saranno eseguite a cura di laboratori di cui all'art. 20 della legge 5 novembre 1971, n. 1086.

Il livello qualitativo dei centri produttivi dovrà essere controllato con continuità dal tecnico a ciò abilitato. Per quanto concerne la qualità del conglomerato cementizio restano integralmente valide le prescrizioni di controllo, registrazione dei dati, conservazione dei registri ecc., di cui al precedente punto 5.2.1.

5.2.2.2. *Controllo di accettazione.*

Tutte le forniture di componenti strutturali prodotti in serie controllata possono essere accettate senza ulteriori controlli dei materiali né prove di carico dei componenti isolati, se accompagnati da un certificato di origine firmato dal produttore e dal tecnico responsabile della produzione e attestante che gli elementi sono stati prodotti in serie controllata e recante in allegato copia del relativo estratto del registro di produzione e degli estremi dei certificati di verifica preventiva del laboratorio ufficiale.

5.3. *Procedure per il collaudo statico.*

Fermo restando il disposto delle norme tecniche sulle opere in c.a./c.a.p. e acciaio, relative al collaudo statico, su strutture prefabbricate già assemblate e poste in opera si devono eseguire controlli atti a verificare la rispondenza dell'opera ai requisiti di progetto; data la tipologia e le modalità di esecuzione delle opere è significativa e rilevante la funzione del collaudatore in corso d'opera.

Fondamentale è il preventivo controllo della posa degli elementi prefabbricati e del rispetto del progetto nelle tolleranze e nelle disposizioni delle armature e dei giunti.

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal collaudatore, dovranno accertare il comportamento statico dei prefabbricati nel complesso strutturale; esse rispetteranno le modalità sotto indicate e non potranno avere luogo prima che sia stata raggiunta per i getti in opera la resistenza che caratterizza la classe del conglomerato prevista e, in mancanza di precisi accertamenti al riguardo, non prima di 28 giorni dall'ultimazione del getto.

A questi effetti si deve tener conto delle eventuali variazioni di temperatura durante la maturazione dei getti.

Le prove di carico possono essere eseguite, prima del montaggio, su singoli componenti isolati, purché i risultati ottenuti siano rappresentativi, a giudizio del collaudatore, dell'effettivo comportamento dei componenti inseriti nel complesso.

Di regola si dovranno riprodurre sulle strutture le sollecitazioni massime di progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo.

Ove la prova di carico sia omessa, sarà pur sempre compito e responsabilità del collaudatore condurre altre verifiche, ad esempio mediante ispezioni in corso d'opera, l'impiego di prove non distruttive (sclerometriche, ecc.), il prelievo dei campioni, ecc.

Nel caso di serie «controllata» devono essere acquisiti dal collaudatore i risultati delle prove eseguite dal laboratorio ufficiale o autorizzato.

6. Uso e manutenzione.

Il produttore di elementi prefabbricati dovrà fornire al committente gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.), firmati dal progettista e dal responsabile della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

a) destinazione del prodotto;

b) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;

c) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;

d) modalità di trasporto e di montaggio nel caso di fornitura di componente;

e) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;

f) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componente;

g) estratto del registro di produzione di cui al punto 5.2.1. per il periodo relativo.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;

prescrizioni relative al carico sui mezzi di trasporto, alle modalità di sollevamento e agli eventuali presidi provvisori (puntelli, rompitratta, controventi) da disporre durante il montaggio;

se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;

la possibilità di impiego in ambiente aggressivo, e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono;

per i pannelli di chiusura le resistenze termiche e le caratteristiche degli eventuali materiali incorporati nel manufatto;

l'eventuale necessità (in relazione all'impiego) di integrare la resistenza termica dei manufatti o di applicare sulle superfici intonaci o rivestimenti protettivi.

6.1. *Cambiamento d'uso dell'opera.*

Nel caso di cambiamento d'uso dell'opera, la proprietà deve provvedere a fare effettuare una verifica strutturale di progetto dell'intera opera da tecnico a ciò abilitato.

Per cambiamento d'uso si intende qui quello che comporta azioni di esercizio non previste in fase di progettazione.

Detta verifica, firmata, dovrà essere conservata agli atti.

6.2. *Controlli di esercizio successivi.*

Saltuariamente, ove ritenuto necessario in relazione a possibili o temuti degradi delle opere ed in circostanza di modifica di fatti che possono influire sulle condizioni di esercizio della struttura (destinazione, configurazione di carichi, ecc.), la proprietà dovrà disporre indagini e/o prove atte ad accertare le condizioni statiche delle strutture.

Dovranno effettuarsi rilevazioni, soprattutto in corrispondenza di eventuali fessure o lesioni e delle unioni, da sottoporre ad accurato esame.

I risultati delle prove, in quanto non possono considerarsi in generale totalmente probanti ai fini proposti, non esimono dall'acquisizione di tutti gli altri elementi pertinenti.

87A11070

GIUSEPPE MARZIALE, *direttore*

FRANCESCO NOCITA, *redattore*
ALFONSO ANDRIANI, *vice redattore*

(8652196) Roma - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - S.

(c. m. 411200881060) **L. 800**